

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 919 702 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
02.06.1999 Patentblatt 1999/22

(51) Int. Cl.⁶: F01N 3/20, B01D 53/94

(21) Anmeldenummer: 98119867.4

(22) Anmeldetag: 20.10.1998

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 07.11.1997 DE 19749400

(71) Anmelder:
SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)

(72) Erfinder:

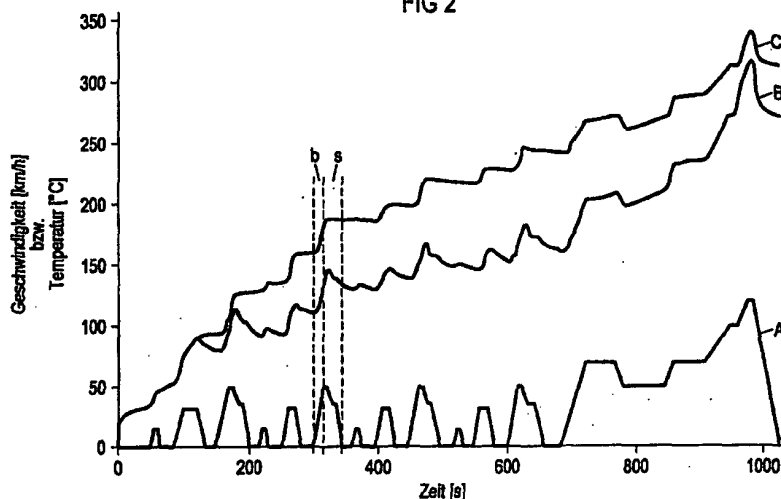
- Wissler, Gerhard Dr.
93104 Sünching (DE)
- Hofmann, Lothar
96264 Altenkunstadt (DE)
- Pajonk, Günther Dr.
96199 Zapfendorf (DE)
- Weigl, Manfred
93161 Viehhausen (DE)

(54) Process for reducing the NO_x content of Diesel engine exhaust gas

(57) Bei einer Dieselmotorkraftmaschine mit katalytischer Abgasbehandlung nach dem SCR-Prinzip wird aus dem für die Dosierung des Reduktionsmittels berechneten Katalysatorwirkungsgrad von einem Steuergerät ein zu hoher NO_x-Ausstoß erkannt und dann Maßnahmen wie verzögerter Beginn der Kraftstoffeinspritzung, Deaktivieren einer Schubabschaltung, Ver-

ringern einer Abgasrückführrate und/oder Erhöhen der Leerlaufdrehzahl eingeleitet. Dadurch sinkt der NO_x-Gehalt im unbehandelten Abgas, die Katalysatortemperatur (C) steigt nach einem Kaltstart schneller an und der NO_x-Ausstoß wird reduziert.

FIG 2



EP 0 919 702 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verringerung des NO_x -Gehaltes im Abgas einer Dieselmotorkraftmaschine gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Zur Verringerung des NO_x -Gehaltes im Abgas einer Dieselmotorkraftmaschine ist das sogenannte Selective-Catalytic-Reduction-Verfahren bekannt. Dabei wird an einer Stelle vor einem Katalysator ein Reduktionsmittel in das Abgas eingespritzt und so im Abgas enthaltenes NO_x zu N_2 reduziert. Als Reduktionsmittel kann Ammoniak verwendet werden, aus Gründen der Handhabbarkeit wird üblicherweise eine wässrige Lösung von Harnstoff eingesetzt (z. B. DE 44 36 415 A).

[0003] Beim Harnstoff SCR-System wird vom Steuergerät der Dieselmotorkraftmaschine fortlaufend die Sollmenge der Reduktionsmitteldosierung berechnet. Dazu benötigt das Steuergerät den momentanen Katalysatorwirkungsgrad. Dieser wird aus Betriebsparametern und der Katalysatortemperatur bestimmt. Die Katalysatortemperatur wiederum kann beispielsweise durch eine Modellrechnung aus der Abgastemperatur und dem Abgasmassenstrom ermittelt werden.

[0004] Die Wirksamkeit der Abgasbehandlung hängt von der Katalysatortemperatur ab. Fig. 3 zeigt einen typischen Verlauf des Katalysatorwirkungsgrades als Funktion der Katalysatortemperatur. Im Temperaturbereich um 250°C wird der Katalysatorwirkungsgrad, mit dem die NO_x -Reduktion erfolgt, maximal und fällt zu niedrigeren Temperaturen hin steil ab. Der Katalysatorwirkungsgrad geht bei Temperaturen unterhalb 120°C gegen Null. Bei der Verwendung von wässriger Harnstofflösung als Reduktionsmittel darf die Dosierung nur erfolgen, wenn die Abgastemperatur für die Zersetzung von Harnstoff zur Bildung des für die katalytische Umwandlung nötigen Ammoniaks hoch genug ist. Die Zersetzung von Harnstoff wird katalytisch unterstützt und beginnt bei Temperaturen über 130°C . Niedrigere Temperaturen bedeuten also, daß erstens kein Reduktionsmittel dosiert werden kann und zweitens der Katalysator wirkungslos ist.

[0005] Die katalytische Abgasbehandlung bei einer Dieselmotorkraftmaschine, speziell zur NO_x -Reduktion, ist unmittelbar nach dem Kaltstart unwirksam. Erst mit steigender Abgastemperatur setzt die katalytische Reaktion ein. Im schubbetrieb kühlt das Abgas relativ schnell wieder ab, so daß z.B. beim Beschleunigen eines Fahrzeuges nach Gefällstrecken die katalytische NO_x -Reduktion nahezu unwirksam ist, was einen unerwünscht hohen NO_x -Ausstoß zur Folge hat.

[0006] Es ist somit Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Verringerung des NO_x -Gehaltes im Abgas einer Dieselmotorkraftmaschine mit Abgasnachbehandlung nach dem SCR-Prinzip anzugeben, das bei zu niedrigen Katalysatortemperaturen den Katalysatorwirkungsgrad schneller erhöht.

[0007] Die genannte Aufgabe wird mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

[0008] Aus Motordaten, wie Luftmasse, Betriebstemperatur oder Last wird der Katalysatorwirkungsgrad berechnet. Beim SCR-Prinzip sind diese Berechnungen zur Reduktionsmittelzuführung erforderlich. Unter Berücksichtigung dieses Katalysatorwirkungsgrades kann durch Eingriff in die Steuerungsparameter, insbesondere Einspritzbeginn, Einspritzverlauf, Abgasrückführrate oder Ventilsteuerung, der NO_x -Ausstoß zu Lasten der Verbrauchsminimierung reduziert werden. Durch den Eingriff in die Steuerungsparameter wird zum einen der NO_x -Gehalt im unbehandelten Abgas verringert und zum anderen durch die Reduzierung des Wirkungsgrades der Dieselmotorkraftmaschine die Abgastemperatur schneller erhöht, was wiederum den Katalysatorwirkungsgrad steigert. Der geringere Wirkungsgrad bei kalter Brennkraftmaschine kann akzeptiert werden, da aus Komfortgründen ohnehin Maßnahmen für eine schnelle Erwärmung der Brennkraftmaschine gefordert werden.

[0009] Bei Otto-Motoren ist es aus „Bewertung der stöchiometrischen Benzindirekteinspritzer-Motortechnologie“, AVL-Tagung Motor und Umwelt, 1997, S. 106 f. bekannt, den Einspritzzeitpunkt auf Kosten von Kraftstoffmehrverbrauch zu verzögern, um die Stickoxidemissionen zu reduzieren.

[0010] Im folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnung näher beschrieben. Die Zeichnung zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Dieselmotorkraftmaschine mit katalytischer Nachbehandlung des Abgases nach dem SCR-Prinzip,

Fig. 2 ein Diagramm mit dem zeitlichen Verlauf der Katalysatortemperatur bei einem Testfahrzeug, das einen bestimmten Geschwindigkeitsverlauf durchfährt und

Fig. 3 einen Verlauf des Katalysatorwirkungsgrades als Funktion der Katalysatortemperatur.

[0011] In Fig. 1 ist eine Dieselmotorkraftmaschine 3 dargestellt. Die Dieselmotorkraftmaschine 3 weist einen Ansaugtrakt 9, eine Einspritzanlage 2 und einen Abgasstrakt 4 auf. Im Abgasstrakt 4 ist ein Katalysator 8, der nach dem SCR-Prinzip arbeitet, angeordnet. Diesem Katalysator 8 ist eine Dosiereinrichtung, bestehend aus einer Reduktionsmittelzufuhr 5 und einem Dosierventil 6, vorgelagert. Aus der Reduktionsmittelzufuhr 5 wird über das Dosierventil 6 Harnstoff als Reduktionsmittel in das Abgas stromauf des Katalysators 8 eingespritzt. Das Dosierventil 6 wird über nicht näher bezeichnete Leitungen von einem Steuergerät 1 angesteuert. Zur Überwachung und Steuerung der Reduktionsmitteldosierung ist ein Sensor 7 vorgesehen, der die Verdamp-

fungswärme des eingespritzten Reduktionsmittels mißt. Das Steuergerät 1 der Dieselmotorkraftmaschine 3 steuert über nicht bezeichnete Leitungen die Einspritzanlage 2. Weiter verfügt die Dieselmotorkraftmaschine 3 über ein System zur Abgasrückführung sowie eine Abschaltung der Kraftstoffzufuhr im Schubbetrieb (nicht dargestellt).

[0012] Das Steuergerät 1 bestimmt den Katalysatorwirkungsgrad und den NO_x -Gehalt im unbehandelten Abgas der Dieselmotorkraftmaschine 3 wie folgt:

- Einem Kennfeld wird abhängig von Abgastemperatur und Abgasmenge vor dem Katalysator der Katalysatorwirkungsgrad entnommen. Dazu wird die Abgasmenge aus der Ansaugluftmasse bestimmt; sie kann aber auch aus Drehzahl, Ansaugdruck bzw. Ladedruck und Kraftstoffmasse ermittelt werden.
- Ein weiteres Kennfeld liefert den NO_x -Gehalt im unbehandelten Abgas.

[0013] Ausgehend von diesen Werten ergreift das Steuergerät bei zu hohem NO_x -Ausstoß zwei Maßnahmen:

- Durch Eingriff in die Steuerungsparameter für Einspritzbeginn, Abgasrückführrate, Schubabschaltung, Leerlaufdrehzahl, usw. wird der NO_x -Gehalt im unbehandelten Abgas an den momentanen Katalysatorwirkungsgrad angepaßt, d.h. trotz eingeschränkter oder fehlender NO_x -Reduktion wird eine überhöhter Schadstoffausstoß vermieden. Einzelne oder als Kombination kann der Einspritzbeginn verzögert, die Abgasrückführrate erhöht, die Schubabschaltung deaktiviert oder die Leerlaufdrehzahl angehoben werden.
- Durch Veränderung der Steuerungsparameter wird die Abgastemperatur z.B. durch verzögertem Einspritzbeginn erhöht, um den Katalysator nach einem Kaltstart möglichst schnell auf Betriebstemperatur zu bringen bzw. ein zu starkes Abkühlen z.B. in Schubphasen zu verhindern.

[0014] Die Auswirkung dieser Maßnahmen sind in Fig. 2 veranschaulicht. Kurve A zeigt den zeitlichen, von einer Prüfvorschrift (MVEG-Testzyklus) vorgegebenen Geschwindigkeitsverlauf, mit dem ein Testfahrzeug nach einem Kaltstart fährt. Kurve B zeigt den zeitlichen Verlauf der Katalysatortemperatur bei einer Abgasnachbehandlung nach dem Stand der Technik. Kurve C zeigt den zeitlichen Verlauf der Katalysatortemperatur beim erfindungsgemäßen Verfahren zur Verringerung des NO_x -Gehaltes.

[0015] Der Geschwindigkeitsverlauf des MVEG-Testzyklus ist wie folgt: Zuerst wird ein für den Stadtverkehr typisches Geschwindigkeitsprofil mit mehrmaligem Beschleunigen, Abbremsen und Stillstand durchfahren. Eine beispielhafte Beschleunigungsphase ist mit b, eine

Schubphase mit s bezeichnet. Nach 700 Sekunden wird mit höheren Geschwindigkeiten gefahren.

[0016] Kurve B zeigt den Verlauf der Katalysatortemperatur, die wie aus Fig. 3 bekannt mit dem Katalysatorwirkungsgrad verknüpft ist, bei einem Katalysator nach SCR-Prinzip. Es ist deutlich zu sehen, daß in Phasen des Abbremsens bzw. bei Stillstand des Testfahrzeuges die Temperatur abfällt. Das heißt, der Wirkungsgrad der katalytischen Nachbehandlung fällt ebenso, womit eine ansteigender NO_x -Gehalt im behandelten Abgas einhergeht. Die Temperatur, bei der mit der Reduktionsmittelzugabe nach dem SCR-Prinzip begonnen werden kann, wird erst nach 300 Sekunden dauerhaft überschritten.

[0017] Kurve C zeigt den Verlauf der Katalysatortemperatur nach einem Kaltstart beim erfindungsgemäßen Verfahren. Es wurden folgenden Eingriffe in die Steuerungsparameter durchgeführt:

- In den Beschleunigungsphasen b wurde der Spritzbeginn gegenüber der üblicherweise verbrauchsoptimierten Abstimmung verzögert, was aufgrund der heißeren Abgase die Erwärmung des Katalysators beschleunigt. Dies resultiert in einem steileren Verlauf der Kurve C verglichen mit B. Zusätzlich ergibt sich durch den späteren Einspritzbeginn ein geringerer NO_x -Gehalt im unbehandelten Abgas.
- In Schubphasen s wird die Schubabschaltung deaktiviert, wodurch die in Kurve A erkennbaren Abkühlphasen vermieden werden und ein höheres Temperaturniveau viel schneller erreicht wird.

[0018] Schon nach weniger als 180 Sekunden wird mit 120° die Temperatur überschritten, bei der mit der Reduktionsmittelzugabe nach dem SCR-Prinzip begonnen werden kann.

[0019] Die eingeleiteten Maßnahmen haben prinzipiell einen Kraftstoffmehrverbrauch zur Folge. Da sie aber nur bei unzureichender Katalysatortemperatur eingeleitet werden, was nur in Betriebsphasen mit geringer Motorlast und nach Kaltstart notwendig ist, ist dieser Mehrverbrauch im praktischen Fahrbetrieb sehr gering. Da ein schnelleres Aufheizen der Brennkraftmaschine aus Komfortgründen ohnehin erwünscht ist, kann dieser unwesentliche Mehrverbrauch akzeptiert werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verringerung des NO_x -Gehaltes im Abgas einer Dieselmotorkraftmaschine, mit einem Katalysator zur katalytischen Nachbehandlung des Abgases nach dem SCR-Prinzip, wobei dem Abgas stromauf des Katalysators ein Reduktionsmittel zugeführt wird, und mit einem Steuergerät, das Steuerungsparameter der Dieselmotorkraftmaschine, insbesondere den Einspritzbeginn des Kraftstoffes, die Leerlaufdrehzahl sowie den jeweiligen Katalysatorwirkungsgrad bestimmt und abhän-

gig vom Katalysatorwirkungsgrad den Sollwert für die Reduktionsmittelzuführung berechnet, dadurch gekennzeichnet, daß bei Unterschreiten eines vorbestimmten Wertes für den Katalysatorwirkungsgrad abhängig vom Wert des Katalysatorwirkungsgrades vom Steuergerät (1) die Steuerungsparameter der Dieselmotormaschine so verändert werden, daß der NO_x -Gehalt im unbehandelten Abgas verringert und die Abgastemperatur erhöht wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei Unterschreiten des vorbestimmten Wertes der Einspritzzeitpunkt des Kraftstoffes verzögert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei Unterschreiten des vorbestimmten Wertes die Leerlaufdrehzahl angehoben wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, für eine Dieselmotormaschine mit Abschaltung der Kraftstoffzufuhr im Schubetrieb, dadurch gekennzeichnet, daß bei Unterschreiten des vorbestimmten Wertes die Schubabschaltung deaktiviert wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, für eine Dieselmotormaschine mit Abgasrückführung, dadurch gekennzeichnet, daß bei Unterschreiten des vorbestimmten Wertes die Abgasrückführungsrate erhöht wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Katalysatorwirkungsgrad aus Steuerungsparametern, insbesondere des Abgasmassenstroms, und der gemessenen Abgastemperatur bestimmt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Abgasmassenstrom durch eine Modellrechnung mit Hilfe der Motordrehzahl und dem Ansaugdruck oder Ladedruck ermittelt wird.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

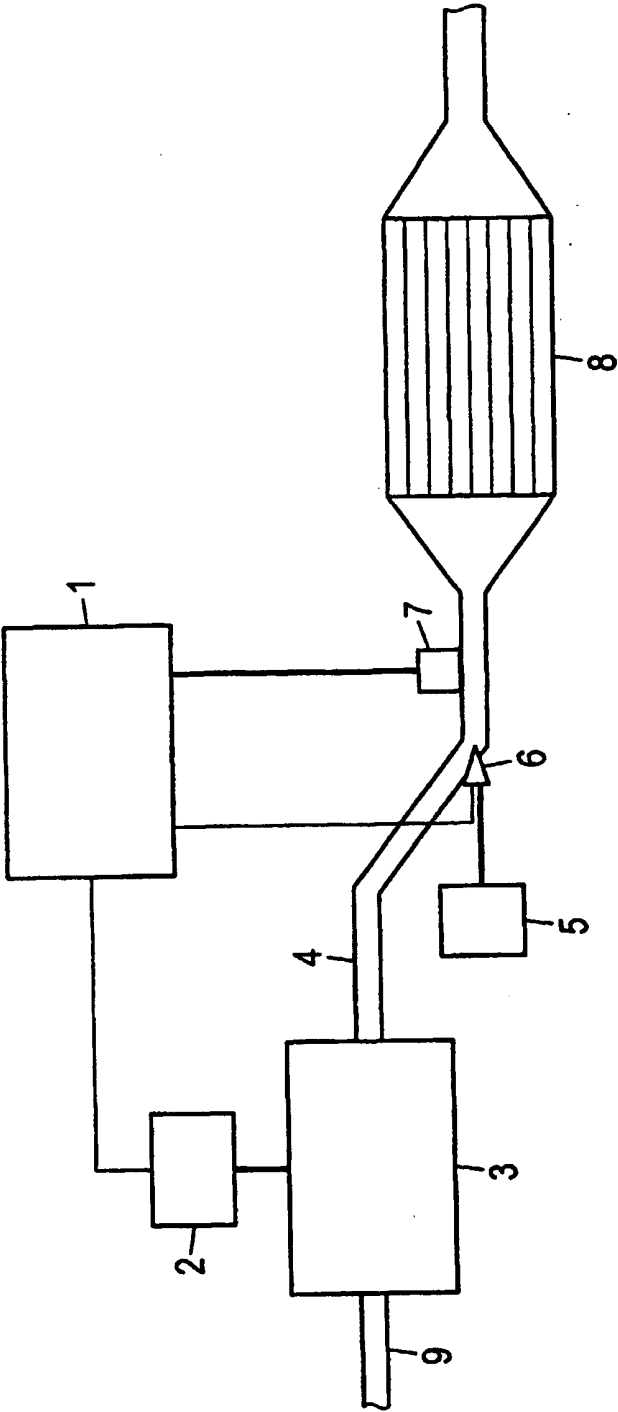


FIG 2

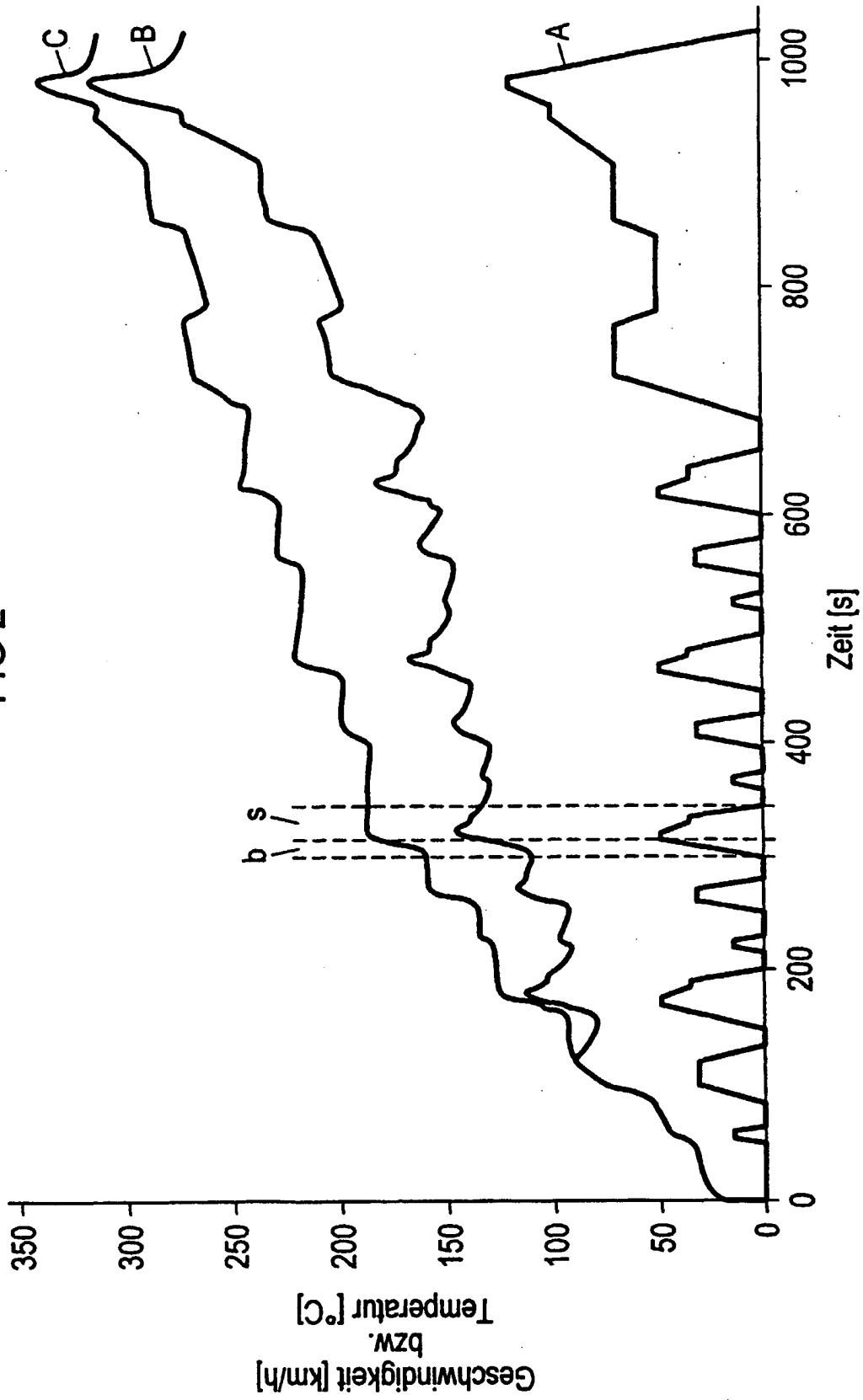


FIG 3

